

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-052104

(43)Date of publication of application : 23.02.2001

(51)Int.Cl. G06K 1/12
G06K 7/10
G06K 19/00
G11B 20/10

(21)Application number : 11-222508

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 05.08.1999

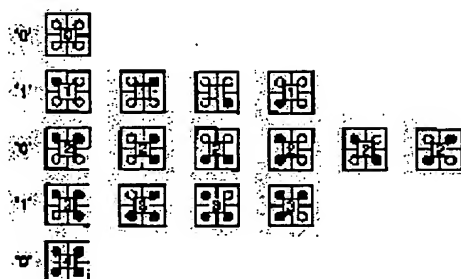
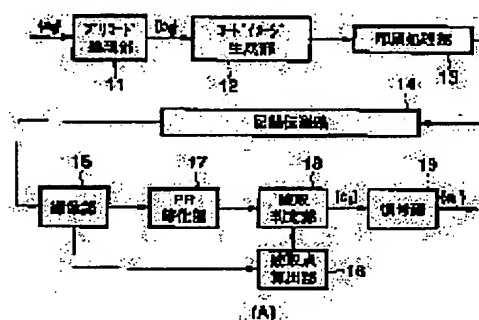
(72)Inventor : IMAIDE SHINICHI
TATSUTA SEIJI

(54) DATA RECORDING METHOD, DATA REPRODUCING METHOD AND DATA RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To exactly reproduce data by reading fine dots, which are two-dimensionally arranged and recorded so as to be optically read with high density, without improving reading resolution on the side of a reader.

SOLUTION: In the case of recording dots on a recording transmission line 14 corresponding to data to be recorded, the dots are recorded so as to be optically read by reproducing these recorded data while utilizing two-dimensional interference from the relevant adjacent dot. In the case of reproducing, a code image is equalized by a RR equalizing part 17 so as to satisfactorily convolve the adjacent dot, afterwards, a value at a reading point detected by a reading point calculating part 16 is simultaneously discriminated by a reading discriminating part 18 on the basis of reading point position information, and a decoding part 19 decodes the discrimination of these read data and converts it to original data on the basis of prescribed decoding rules.



(B)

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-52104

(P2001-52104A)

(43) 公開日 平成13年2月23日 (2001.2.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 6 K 1/12		G 0 6 K 1/12	H 5 B 0 3 5
7/10		7/10	M 5 B 0 7 2
19/00		G 1 1 B 20/10	3 4 1 Z 5 D 0 4 4
G 1 1 B 20/10	3 4 1	G 0 6 K 19/00	X

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平11-222508
 (22) 出願日 平成11年8月5日 (1999.8.5)

(71) 出願人 000000376
 オリパス光学工業株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (72) 発明者 今出 慎一
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
 ンパス光学工業株式会社内
 (72) 発明者 龍田 成示
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
 ンパス光学工業株式会社内
 (74) 代理人 100058479
 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

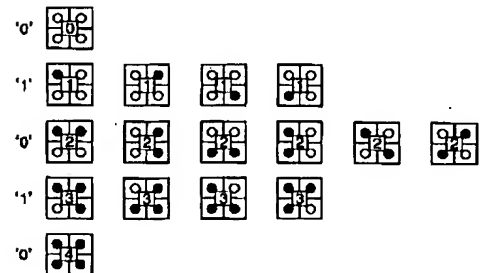
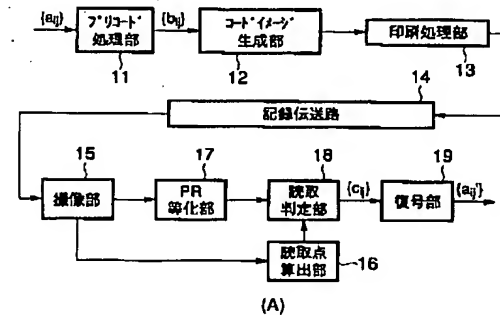
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 データ記録方法及びデータ再生方法、並びにデータ記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 高密度に光学的に読み取り可能に2次元に配列記録された微細なドットを読取装置側の読取解像度を上げることなく読み取ってデータを正確に再生できるようにすること。

【解決手段】 記録すべきデータに応じたドットを記録伝送路14に記録する際、上記ドットを、上記記録されたデータが当該隣接するドットからの2次元の干渉を利用して再生されるように光学的に読み取り可能に記録する。再生の際には、隣接ドットが良好に畳み込まれるようにPR等化部17においてコードイメージが等化処理された後、同時に読取点算出部16で検出された読取点位置情報に基づき、読取判定部18で読取点における値が判定され、復号部19で、この読み取られたデータを所定の復号規則に基づき判定復号して元のデータに変換する。



(B)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 データを構成する「1」及び「0」を所定の反射特性を有する微細なドットの有無に対応させ、記録すべきデータに応じて前記ドットを所定のフォーマットに従って 2次元に配置することにより当該データを光学的に読み取り可能なイメージとして記録媒体に記録するデータの記録方法において、

前記ドットは、当該隣接するドットからの 2次元の干渉を利用して前記記録されたデータが再生されるように光学的に読み取り可能に記録されることを特徴とするデータ記録方法。

【請求項 2】 前記ドットは、記録すべきデータに応じて、前記記録媒体上においてマトリクス状に仮想的に形成された正方枠目内に各配置されると共に当該各枠目の中心位置を記録点とするものであり、隣接する $n \times n$ 個の前記正方枠目内に配置された各ドットからの干渉を利用して前記データが再生されるように記録されることを特徴とする請求項 1 に記載のデータ記録方法。

【請求項 3】 前記ドットは、隣接する 2×2 個の前記正方枠目内に配置された各ドットからの干渉を利用して前記データが再生されるように記録されることを特徴とする請求項 2 に記載のデータ記録方法。

【請求項 4】 前記記録されたデータが前記隣接するドットからの 2次元の干渉を利用して再生される際の 2次元方向の誤り伝搬を防止するために、前記記録すべきデータに対して、前記ドットの配置の仕方に対応した 2次元のプリコード処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載のデータ記録方法。

【請求項 5】 前記ドットは、記録すべきデータに応じて、前記記録媒体上においてマトリクス状に仮想的に形成された正方枠目内に各配置されると共に当該各枠目の中心位置を記録点とするものであり、隣接する 2×2 個の前記正方枠目内に配置された各ドットからの干渉を利用して前記データが再生されるように記録されているとき、

前記 2次元のプリコード処理は、前記記録すべきデータの a_{ij} 、そのプリコード処理後のデータを b_{ij} とするとき、

【数 1】

$$b_{ij} = a_{ij} \oplus b_{(i-1)(j-1)} \oplus b_{(i-1)j} \oplus b_{i(j-1)}$$

(\oplus : 排他的論理和)

に従う処理であることを特徴とする請求項 4 に記載のデータ記録方法。

【請求項 6】 データを構成する「1」及び「0」を所定の反射特性を有する微細なドットの有無に対応させ、記録すべきデータに応じて前記ドットを所定のフォーマットに従って 2次元に配置することにより当該データを光学的に読み取り可能なイメージとして記録した記録媒体から、前記ドットを光学的に読み取って前記データを

再生するデータの再生方法において、

2次元に隣接して配置された前記ドットからの 2次元の干渉を利用して、前記データを再生することを特徴とするデータ再生方法。

【請求項 7】 前記ドットの記録点と所定の位置関係を有するように前記データの読取点を設定し、前記読取点に対して、隣接するドットから所定量の干渉を与えるために、2次元の PR 等化をさらに行うことを特徴とする請求項 6 に記載のデータ再生方法。

10 【請求項 8】 前記 2次元の PR 等化は、電気的に行われるフィルタ処理であることを特徴とする請求項 7 に記載のデータ再生方法。

【請求項 9】 前記 2次元の PR 等化は、光学的に行われるフィルタ処理であることを特徴とする請求項 7 に記載のデータ再生方法。

【請求項 10】 前記ドットは、記録すべきデータに応じて、前記記録媒体上においてマトリクス状に仮想的に形成された正方枠目内に各配置されると共に当該各枠目の中心位置を記録点とするものであり、

20 前記データは、隣接する $n \times n$ 個の前記正方枠目内に配置された各ドットからの干渉を利用して再生されることを特徴とする請求項 6 に記載のデータ再生方法。

【請求項 11】 前記データは、隣接する 2×2 個の前記正方枠目内に配置された各ドットからの干渉を利用して再生されることを特徴とする請求項 10 に記載のデータ再生方法。

【請求項 12】 前記データが再生される際の 2次元方向の誤り伝搬を防止するために、前記記録すべきデータに対して前記ドットの配置の仕方に対応した 2次元のプリコード処理が行われているとき、

30 前記再生されたデータに対して、さらに、前記 2次元のプリコード処理に対応した復調処理を行うことを特徴とする請求項 6 に記載のデータ再生方法。

【請求項 13】 前記データは、2次元の最尤復号方式を用いて再生されることを特徴とする請求項 6 に記載のデータ再生方法。

【請求項 14】 前記 2次元の最尤復号方式は、2次元のビタビ復号方式であることを特徴とする請求項 13 に記載のデータ再生方法。

40 【請求項 15】 データを構成する「1」及び「0」を所定の反射特性を有する微細なドットの有無に対応させ、記録すべきデータに応じて前記ドットを所定のフォーマットに従って 2次元に配置することにより当該データを光学的に読み取り可能なイメージとして記録したデータ記録媒体において、

前記ドットは、前記記録されたデータが当該隣接するドットからの 2次元の干渉を利用して再生されるように光学的に読み取り可能に記録されていることを特徴とするデータ記録媒体。

50 【請求項 16】 前記記録すべきデータに関わりなくデ

ータの値が固定されたデータ固定領域を前記ドットの配置領域に隣接して設けたことを特徴とする請求項 15 に記載のデータ記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、音声、映像、或いはテキスト等の各種のデータを光学的に読み取り可能なドットのパターンとして紙等のシート状の記録媒体に記録するためのデータ記録方法、及びこの記録媒体に記録されたドットのパターンを光学的に読み取って上記データを再生するデータ再生方法、並びにこのドットのパターンを光学的に読み取り可能に記録したデータ記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、音声、映像、或いはテキスト等の各種のデータを光学的に読み取り可能なイメージとして紙等のシート状の記録媒体に記録する方法は、種々提案されている。

【0003】本出願人も、特開平 6-231466 号公報や同 8-171620 号公報等に開示するように、図 16 の (B) に示す如き 2 次元に配置された約 $60\mu\sim 80\mu$ 程度の微細なドットのパターンを利用した新たなフォーマットを発明することによって、大容量のデータを手で簡便に読み取れるようにしたドットコードを用いたデータ記録方法及びデータ再生方法、並びにデータ記録媒体の提案を行ってきている。

【0004】図 16 の (C) は、そのドットコードのフォーマットの具体例を示すものであって、基本的には、複数のブロックが 2 次元に隣接配列されて構成されている。

【0005】即ち、その各ブロックは、記録すべきデータの各ブロック毎に分割されたデータがその値である

「1」または「0」に対応した反射特性、例えば、黒／白、同位相／反転位相、などを有するドットのイメージとして所定の 2 次元配列にて存在するデータドット 1 の領域と、そのデータドット 1 を読み取るための基準点を見つけるために使用される各ブロックの四隅に配置された一定の黒の連続数を有するマーカー 2 と、上記複数の異なるブロックを読み取り時に識別できるようにマーカー間に配置されたエラー検出またはエラー訂正符号を含むブロックアドレスパターン 3 と、から構成されている。

【0006】而して、このドットコードによれば、全体の大きさがデータ読取装置の撮像視野より大きくても、換言すれば、当該ドットコードをデータ読取装置によってワンショットにて撮像することができなくても、上記の各ブロックに付与された各アドレスをブロック内に含まれるデータドットと共にブロック単位で検出することにより、各ブロックに含まれるデータから元の全体のデータを再構築することが可能となるので、紙面等に対する大容量のデータ記録が現実的に可能になると共に、手

動でも簡便に読み取れるようになり、今後の益々の広汎な利用が期待されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記したような微細なドットのパターンを含むドットコードによってデータを記録したり再生したりすることの技術については、その後の研究によって、以下に記載するような新たな改善すべき点のあることが判明した。

【0008】即ち、ドットコードの記録は、専ら印字乃至は印刷技術が利用されることになるが、このドットコードを常に安定して読み取れるようにするためには、その記録されるドットコード自体が常に一定の品質をもって印字乃至は印刷されなければならないので、その記録時の解像度には自ずと制約が生じ、結果として、ドットコードの記録密度の低下は避けられない事態となる。

【0009】一方で、紙面上等において大きな面積を割くことなく、極力小面積をもってドットコードが記録できるようになれば、紙面上等におけるレイアウトも有利となる等、その他様々な点で効果があるため、ドットコードを小面積化して記録したいという別の要望も存在する。

【0010】仮に、この要望に沿って印字乃至は印刷技術の限界まで記録密度を上げると、ドットコード読取装置側の読取解像度は必然的に高解像度化し、例えば、高精細な撮像系が必要となって、読み取りに係る処理については負担増を招き、延いては読取装置のコストアップ等を招来することになる。

【0011】従って、ドットコードの記録密度は上げながらも、このドットコードの読取装置側の読取解像度は極力抑えた形でデータを記録再生できるようにすることが一つの重要な解決すべき課題となる。

【0012】一般には、読取装置側の読取解像度は上げずに光学系の撮像倍率を上げることによって、高密度に記録されたドットコードを読み取る方法も考えられるが、この場合、撮像視野内に入るドットコードの面積は小さくなり、当該撮像視野内に確実にドットコードを入れるために読取装置とドットパターンとの位置合わせがそれだけ厳密になり、とりわけ手動で行う読み取りには適さないという新たな不都合を生むことになる。

【0013】この現象を図 9 の (A) 乃至 (D) に基づいて詳しく説明する。例えば図 9 の (A) のように、撮像部における撮像領域 4 の幅 W_e を 8mm 、ドットコードの幅 W_a を 4mm とすると、撮像部の蛇行許容幅 W は $W_e - W_a = 4\text{mm}$ となる。通常、手動によりドットコードの走査を行う場合には蛇行許容幅は 6mm 程度必要となるため、実際には図 9 の (B) のようにドットコードを並べて同一のデータを二重に記録するなどの対策を講じている。こうすることにより、蛇行許容幅 W は $W_e = 8\text{mm}$ となるが、ドットコードの占有面積は倍となり、元のドットコードの占有面積を $4S$ とすると、その

占有面積は 8 S となる。

【0014】いま、このドットコードを縦横 2 倍の記録密度で記録することになると、ドットコードの占有面積は $1/4$ の S となるが、それを読取解像度を同じにするために光学系の倍率を 2 倍にすることで読み取ると、図 9 の (C) のように、 W_c は 4 mm、 W_d は 2 mm となることから蛇行許容幅 W は 2 mm となる。従って、手動走査を考慮して蛇行許容幅 6 mm を確保するためには、図 9 の (D) のように三重に記録する必要がある、その占有面積は 3 S となるため、記録密度を 4 倍に高めたにもかかわらず実質記録面積は $3/8$ にしかならない。即ち、記録密度に合わせて読取解像度を上げると手動走査による操作性が著しく損なわれ、これを防ぐために冗長な記録を行うと記録密度を上げて同じ効率で占有面積を減らすことができなくなる。

【0015】本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、高密度に光学的に読み取り可能に 2 次元に配列記録された微細なドットについて、特に読取装置側の読取解像度を上げることなく読み取って、ドットとして記録されたデータを正確に再生できるようにしたデータ記録方法及びデータ再生方法、並びにデータ記録媒体を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明によるデータ記録方法は、データを構成する「1」及び「0」を所定の反射特性を有する微細なドットの有無に対応させ、記録すべきデータに応じて上記ドットを所定のフォーマットに従って 2 次元に配置することにより当該データを光学的に読み取り可能なイメージとして記録媒体に記録するデータの記録方法であって、上記ドットは、上記記録されたデータが当該隣接するドットからの 2 次元の干渉を利用して再生されるように光学的に読み取り可能に記録されることを特徴とする。

【0017】即ち、本発明のデータ記録方法によれば、再生時に、隣接するドットからの 2 次元の干渉を積極的に利用することで、各ドットからの干渉を除去することを前提にした従来の記録方法に比べて高密度にデータを記録することが可能となる。

【0018】また、本発明によるデータ再生方法は、データを構成する「1」及び「0」を所定の反射特性を有する微細なドットの有無に対応させ、記録すべきデータに応じて上記ドットを所定のフォーマットに従って 2 次元に配置することにより当該データを光学的に読み取り可能なイメージとして記録した記録媒体から、上記ドットを光学的に読み取って上記データを再生するデータの再生方法であって、2 次元に隣接して配置された上記ドットからの 2 次元の干渉を利用して上記データを再生することを特徴とする。

【0019】即ち、本発明のデータ再生方法によれば、

隣接するドットからの 2 次元の干渉を積極的に利用することで、各ドットからの干渉を除去することを前提にした従来の再生方法に比べて高密度に記録されたデータを再生することが可能となる。

【0020】また、本発明によるデータ記録媒体は、データを構成する「1」及び「0」を所定の反射特性を有する微細なドットの有無に対応させ、記録すべきデータに応じて上記ドットを所定のフォーマットに従って 2 次元に配置することにより当該データを光学的に読み取り可能なイメージとして記録したデータ記録媒体であって、上記ドットは、上記記録されたデータが当該隣接するドットからの 2 次元の干渉を利用して再生されるように光学的に読み取り可能に記録されていることを特徴とする。

【0021】即ち、本発明のデータ記録媒体によれば、再生時に、隣接するドットからの 2 次元の干渉を積極的に利用することで、各ドットからの干渉を除去することを前提にした従来の記録方法に比べて高密度のデータを記録しておくことが可能となる。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を詳細に説明する前に、本発明の理解を助けるために、本発明のデータ記録方法において基本的に採用されているパーシャルレスポンス方式の概念についてまず説明する。

【0023】図 15 は、1 次元的にパーシャルレスポンス（以下、PR と略称する）を適用した場合の原理を説明するためのブロック構成図である。

【0024】デジタル化された入力データ系列 $\{a_i\}$ は、定義式に示されるように「0」または「1」の値をもつデータ系列である。

【0025】この入力データ系列 $\{a_i\}$ は、まずプリコード処理部 5 に入力され、原理演算式 (1) に示するような演算が施され、データ系列 $\{b_i\}$ として出力される。即ち、初期値 b_0 は a_0 と等価値として定義し、 b_i 以降の値が演算され（初期値 b_{-1} を 0 と定義し、 b_0 以降を演算するのと等価）、入力データ a_i と 1 つ前に出力されている b_{i-1} との排他的論理和（mod 2 剰余演算）が取られて b_i を生成することになる。

【0026】このデータ系列 $\{b_i\}$ は、記録伝送路 6 を介して記録再生され、本例では隣接する 2 つのデータ値 b_k 、 b_{k-1} が記録伝送路 6 を通ることにより干渉し、畳み込み加算された値として、再生検出部 7 にて検出され、検出値を得る。この検出値は、多値判定部 8 に入力されて、本例の場合は 3 値の多値判定がなされる（原理演算式 (2)）。ここで原理演算式 (3) に示される演算を実現するために、剰余判定部 9 において、多値データに対して mod 2 の剰余演算を行い、「0」→「0」，「1」→「1」，「2」→「0」といった変換を行う。原理的にはプリコード処理部 5 において隣接データを mod 2 の剰余演算し、記録伝送路 6 にて畳み込

み得られた多値検出値を再度 $\text{mod } 2$ の剰余演算することで、2 度隣接データを $\text{mod } 2$ の剰余演算していることになり、偶数回の $\text{mod } 2$ の剰余演算は元のデータに戻す作用と等価になる。即ち、原理演算式 (4) 及び (5) の展開が示すように、元の入力データ系列 $\{a_i\}$ を得ることができるのである。

【0027】図 16 の (A) は、これを、実際のデータ例で示す図である。

【0028】以上が、PR によるデータの符号化及び記録再生方法の基本原理の説明である。

【0029】また、プリコードを施さずに、隣接データが記録伝送路 6 によって畳み込まれた検出値を使って元のデータを復元する方法も考えられる。この場合、例えば初期値 a_0 の値を既知として、これを隣接データの畳み込み結果の加算データから減算して a_1 を算出し、同様にこの演算を逐次繰り返していくことにより、元のデータを解きほぐしていくこともできる。しかし、この方法では、一ヶ所でも誤った結果を得た場合、それ以後は連鎖的に誤りを発生させてしまうという実用上、根本的な欠点がある。従って、本例の如く、プリコード処理により、その欠点を回避しているのである。

【0030】以下、本発明の実施の形態を説明する。

【第 1 の実施の形態】まず、本発明の第 1 の実施の形態を、図 1 の (A) 乃至図 5 を参照して説明する。

【0031】図 1 の (A) に示すように、本実施の形態に係るデータ記録方法及びデータ再生方法、並びにデータ記録媒体の適用されたシステムは、プリコード処理部 11、コードイメージ生成部 12、及び印刷処理部 13 からなる記録系と、記録伝送路 14 と、撮像部 15、読取点算出部 16、PR 等化部 17、読取判定部 18、及び復号部 19 からなる再生系とからなるシステムである。

【0032】この図 1 の (A) は、上記パーシャルレスポンスの概念説明で行った 1 次元的に適用した場合の原理を、2 次元ドットコードに応用したときの基本機能ブロック図であり、ここでは、この基本機能について説明する。

【0033】原理的解釈を容易にするため、入力データ a_{ij} を実際の記録状態のドットコードに対応づけて説明する。入力データ系列の一例として、2 次元ドット系列の例として図 2 を示す。この例では、入力データは白ドット = 0、黒ドット = 1 として表し、罫目上に整然と記録される記録フォーマットに基づいて記録されている様子を示している。

【0034】各ドットは、 $\{a_{ij} \mid i, j = -1, 0, 1, 2, 3, \dots\}$ の変数で表されるものとし、初期値として、 $\{a_{ij} = 0 \mid i = -1\}$ 、 $\{a_{ij} = 0 \mid j = -1\}$ を定義する。なお、図 2 中の T_b は、ドット間ピッチもしくはドット径を表している。

【0035】このような入力データ $\{a_{ij}\}$ は、プリ

コード処理部 11 に入力されて、前述の 1 次元の原理説明にあったように、同様にプリコード処理がなされて、プリコード後のデータ系列 $\{b_{ij}\}$ を出力する。プリコード処理部 11 では、図 3 の (A) に示すような着目ドット a_{ij} の値及び図 3 の (B) に示すプリコード後の着目ドット a_{ij} の周辺 3 ドットの値つまり $b_{(i-1)j}$ 、 $b_{i(j-1)}$ 、 $b_{(i-1)(j-1)}$ を用いて、以下の [数 2] に基づく演算を実施し、次々と入力データ系列 $\{a_{ij}\}$ をプリコードしてデータ系列 $\{b_{ij}\}$ を算出していくことになる。この場合、初期値として $\{b_{ij} = a_{ij} = 0 \mid i = -1\}$ 、 $\{b_{ij} = a_{ij} = 0 \mid j = -1\}$ が定義される。

【0036】

【数 2】

$$b_{ij} = a_{ij} \oplus b_{(i-1)j} \oplus b_{i(j-1)} \oplus b_{(i-1)(j-1)}$$

【0037】プリコード後のデータ系列 $\{b_{ij}\}$ は、コードイメージ生成部 12 に入力されて、所定のコードフォーマットに則ってコードイメージに変換され、印刷処理部 13 において印字または印刷出力され、記録媒体である記録伝送路 14 を介して情報伝達される。

【0038】そして、記録媒体に記録されたコードイメージは、撮像部 15 にて撮像され、本実施の形態では隣接 4 ドットが良好に畳み込まれるように PR 等化部 17 において等化处理された後、同時に読取点算出部 16 において検出された読取点情報に基づき、読取判定部 18 において、ドット毎の値が判定される。原理的には、図 4 に示されるように隣接 4 ドットの和としての値 $\{c_{ij}\}$ として、本例では「0」、「1」、「2」、「3」、「4」の 5 値が得られ、読み取り値として出力される。復号部 19 では、この読み取られた $\{c_{ij}\}$ を図 1 の (B) に示される復号規則に基づき判定復号され、「1」または「0」の値であるデータ系列 $\{a_{ij}'\}$ に変換される。変換された結果は図 5 のようになり、これはとりもなおさず元の入力データ $\{a_{ij}\}$ と一致する。

【0039】これらの原理を数式で説明すると、プリコード処理は [数 2] で表され、読み取り検出をし判定されて復号する様子は、以下の [数 3] のような展開になる。結果、入力データ系列は理論上完全に復元されることが証明できる。

【0040】

【数 3】

$$\begin{aligned}
 a_{ij}' &= [c_{ij}] \bmod 2 \\
 &= [b_{ij} + b_{(i-1)j} + b_{i(j-1)} + b_{(i-1)(j-1)}] \bmod 2 \\
 a_{ij}' &= \{a_{ij} \oplus b_{(i-1)j} \oplus b_{i(j-1)} \oplus b_{(i-1)(j-1)}\} \\
 &\quad \oplus \{b_{(i-1)j} \oplus b_{i(j-1)} \oplus b_{(i-1)(j-1)}\} \\
 &= a_{ij} \oplus 1 \\
 &= a_{ij}
 \end{aligned}$$

(\oplus は排他的論理和、mod2は法2の剰余演算を示す)

【0041】なお、本実施の形態の変形例として、プリコード処理をせずに記録する方法も考えられる。この場合、例えば図2に示すデータ系列 $\{a_{ij}\}$ が入力され、記録伝送され、隣接4ドット a_{ij} , $a_{(i-1)j}$, $a_{i(j-1)}$, $a_{(i-1)(j-1)}$ の値の和として単純に検出されることになる。復元方法は、初期値 $\{a_{ij} = 0 \mid i = -1\}$, $\{a_{ij} = 0 \mid j = -1\}$ であることが定義されているので、隣接4ドットの和 $= a_{ij} + a_{(i-1)j} + a_{i(j-1)} + a_{(i-1)(j-1)}$ から、随時 $a_{(i-1)j}$, $a_{i(j-1)}$, $a_{(i-1)(j-1)}$ を差し引いていくことで、 a_{ij} を算出していくことができる。

【0042】さらには、上記実施の形態では、隣接4ドットが畳み込まれる伝送路特性を例にとったが、これは4ドットに限るものではなく、伝送路特性に応じて任意のドット数の畳み込みを想定することができるのは、いうまでもない。

【0043】[第2の実施の形態] 次に、本発明の第2の実施の形態を、図6の(A)乃至図8の(F)を用いて説明する。

【0044】図6の(A)に示すように、本第2の実施の形態の適用されたシステムは、撮像部15、読取点算出部16、PR等化部17、読取判定部18、復号部19、及び再生部20から構成されている。

【0045】次に、本実施の形態の作用効果を説明する。

【0046】まず、撮像部15では、所定のフォーマットで光学的に記録されたドットコードを光学系を通してCCDなどにより撮像し、電気信号に変換する。ここで、ドットコードは、例えば図6の(B)に示すように、データ読取点を決定するためのマーカー2と記録すべき情報に対応するデータドット1とから構成される。

【0047】次に、読取点算出部16では、マーカー2の位置に基づいてデータ読取点を算出する。この読取点算出部16は、例えば図6の(C)に示すように、2値化部161、マーカー検出部162、基準点算出部163、及び読取点決定部164により構成することができる。即ち、まず、2値化部161では、上記撮像部15で撮像されたドットコード画像を2値化し、マーカー検出部1

62では、マーカー2を示す所定の長さの黒ランを検出することによりマーカーを検出する。次に、基準点算出部163では、検出された上記黒ランの連結に基づいてマーカー2の中心位置を算出し、これを基準点とする。そして、読取点決定部164では、ドットコードのフォーマット、及び、後述するPR等化特性によって決まる記録点とデータ読取点との位置関係に基づいて、上記マーカー中心位置である4隅の基準点から、データ読取点位置を算出する。例えば、図6の(B)に示すようなマーカー中心間が35ドットの正方罫目にデータドット1が記録されているドットコードにおいて隣接する4つの記録点の中心にデータ読取点を設定する場合には、図7の(A)に示すように、マーカー中心である基準点21間を35等分した各罫目の中央をデータ読取点22として決定する。なお、データ読取点22の決定方法については、ドットコードのフォーマットに合わせて種々の公知の方法を利用することができるのは勿論である。

【0048】また、本発明を利用した読取装置において、本発明により記録したドットコードと従来のドットコード(記録点=データ読取点)の読み取りに互換性を持たせるために、ドットコードの所定の領域にコードを区別するためのドットを記録しておくことが望ましい。そして、読取装置ではまず最初に該ドットを読み取り、対象としているドットコードがどちらかを判定し、再生方式を切り替えるようにする。なお、前記マーカー及び再生方式を切り換えるに用いる前記ドットは、後述する干渉によってそのものの認識に影響が出ない大きさのものとしておくと、干渉による認識劣化を防ぐことができる。

【0049】次に、PR等化部17では、ドットコードの記録特性や撮像部15の特性に基づいて、記録点から所定の干渉をデータ読取点22に与えるようにPR等化を行う。ここで、PR等化とは、記録点23での特性が元の記録特性になるように波形整形する通常の等化とは異なり、データ読取点22での特性が設計した所定のPR特性となるように波形整形を行うことをいう。例えば、撮像部15の特性によりドットコード画像がボケてしまう場合には、それを回復するような高域強調の等化では高周波帯域のノイズ成分が強調されてしまうので、これを抑制するようなPR等化を行うことにする。例えば、図7の(B)のようにデータ読取点22に対して近傍の4つのデータドット1から干渉を与えるようにPR等化すると、これは2次元のローパスフィルタによりフィルタ処理したことに相当するので、不要な高周波帯域のノイズ成分を強調せずにPR等化が可能となる。

【0050】ここで、PR等化に用いるフィルタは、データ読取点22に干渉を与えない記録点からは読取判定するのに十分な干渉量を確保しつつ、データ読取点22に干渉を与えたくない記録点からは読取判定に影響を与えないように十分な減衰量を確保するように設計する。

即ち、図6の(D)に示すように、データ読取点22において、記録点Aからは50%以上の干渉を与え、記録点Bからは干渉を与えたくない場合には、フィルタ特性は同図に示す特性Aから特性Bの範囲で設計する。なお、このフィルタ処理は、撮像後に電氣的に行うことも、レンズのぼけなどを利用して撮像前に光学的に行うことも、またそれらを組み合わせて行うことも可能である。電気系のフィルタ処理によりPR等化を行う場合には、フィルタの設計が容易となり、光学系のフィルタ処理によりPR等化を行う場合には、フィルタ処理の高速化が可能となる。

【0051】また、ドットコードのフォーマットやPR等化特性の異なるいくつかの例を図8の(A)乃至

(C)に示す。それぞれ、図8の(A)はデータ読取点近傍の4ドットを干渉させる場合、図8の(B)はデータ読取点近傍の3ドットを干渉させる場合、図8の

(C)はデータ読取点近傍の7ドットを干渉させる場合を示しており、実線の円が十分な干渉量を与える領域、破線の円が十分な減衰量を確保する領域を示している。このように、記録、再生系の特性やドットコードのフォーマットに応じて、PR等化特性やデータ読取点配置は適宜設定することができる。

【0052】また、記録、再生系の主に光学的なボケによる低域通過特性によって、図8の(D)の記録ドット画像が撮像時には図8の(E)のようになる場合もある(但し、図8の(E)は便宜上5階調で表現しており、また図中の丸は元のドットの位置がわかるように描いたものである)。このときも上記低域通過特性を積極的に利用して読み取りを行うことが可能である。即ち、この場合の低域通過特性がPR等化により図7の(B)のPR等化特性に等しくなるとすれば、まったく同じ読取方法が適用できる。実際に図8の(E)は図7の(B)のPR等化特性と同じものであり、この場合、PR等化部はなくても良い。

【0053】次に、読取判定部18では、上記読取点算出部16で算出されたデータ読取点22において、上記PR等化部17で等化された後の値を読み取り、多値判定する。この多値判定の閾値は、データ読取点22に干渉を与える記録点23の数と干渉量とで決まり、干渉量が均等であれば、干渉を与える記録点23と同じ数の閾値による(記録点数+1)値判定を行う。即ち、図7の(B)のように近傍の4ドットから均等に干渉が与えられる場合、4つの閾値による5値判定を行えば良く、そのときの閾値は、干渉を与えるドットが1つのときのデータ読取点22の値をVとすれば、0.5V, 1.5V, 2.5V, 3.5Vのように設定すれば良い。

【0054】次に、こうして判定された多値データより復号部19にて2値データへの復号を行う。最も単純な方法としては、データ端から順に復号することとし、データ読取点22での値と既に復号されたデータとから順

次、元の2値データへの復号を行うものがあるが、予め上記第1の実施の形態のようなプリコードを施して記録しておくことにより、判定された多値データと2の剰余を計算することにより簡単に元の2値データへ復号することも可能である。

【0055】この様子を、図8の(F)を用いて説明する。この図8の(F)において、左上の図は元の2値データを示しており、このような元2値データに対して4近傍のmod2加算を行うことによって、左下の図のようにプリコードし、記録しておく。これを、先述の図7の(B)のPR等化を行ってからデータ読取点22で多値判定すると、右下の図のような多値データが得られる。この多値データと2の剰余を求めると、右上の図のような2値データが得られ、これは左上に示す元の2値データに一致する。

【0056】次に、再生部20では、こうして復号された2値データをもとに、記録符号化時に施されていた変調に対応する復調、エラー訂正等を行い、記録されていた元の情報を再生する。

【0057】このように、予めプリコードを施してデータを記録しておくことにより、隣接するデータ読取点22の再生結果の干渉を受けることなく、即ち、再生誤りが発生してもそれを伝播させることなく、容易且つ確実に再生することが可能となる。またさらに、判定された多値データから逐次、元の2値データへ復号していくことにより、多値データメモリが不要になり、読み取りと同時に逐次再生することも可能となる。

【0058】このように本発明では、隣接するデータドット1からの2次元の干渉を積極的に利用することで、データの再生を行うので、従来のように干渉除去のために不要なノイズ成分を強調することなく、従来の再生方法に比べて高密度に記録されたデータを再生することが可能となる。

【0059】また、データ読取点22において干渉を与えるデータドット1の位置や数、及びその干渉量が所定量となるようにPR等化特性やデータ読取点位置を設定することにより、所定のノイズ成分を抑制しつつ、再生を容易且つ確実にすることが可能となる。特に、2×2個の正方形目内に配置された4つのドットの中央にデータ読取点22を配置することで、各ドットからの干渉量を等しくすることができ、再生を容易にすることが可能となる。

【0060】また、本発明の大きな効果として、ドットコードを高記録密度化しても撮像倍率を上げないことにより、手動走査での読み取りにおける操作性を損なわないという点がある。

【0061】即ち、図9の(A)乃至(D)を参照して既に先述したように、記録密度に合わせて読取解像度を上げると手動走査による操作性が著しく損なわれ、これを防ぐために冗長な記録を行うと記録密度を上げてても同

じ効率で占有面積を減らすことができなくなる。しかしながら、本発明によれば、読取解像度を変更しなくても読み取りが可能となるため、記録密度を4倍に高めたドットコードを撮像倍率を上げずに読むことができる。この場合には、図9の(E)に示すように、 W_c は8mmのまま、 W_d は2mmとなることから、蛇行許容幅 W は $W_c - W_d = 6\text{mm}$ となる。これは手動走査の蛇行許容幅6mmを満足しているため、コードを二重に記録する必要もなく、コードの占有面積は S となるため、記録密度を4倍に高めることで実質記録面積は $1/8$ にすることができるのである。即ち、手動走査での読み取りにおける操作性を損なうことなく、高記録密度化が可能となるのである。

【0062】[第3の実施の形態]次に、本発明の第3の実施の形態を、図6の(A)及び図10の(A)乃至図13の(B)を用いて説明する。

【0063】本実施の形態においては、図6の(A)における復号部19が、図10の(A)に示すようにメトリック計算部191、最尤パス判定部192、パス・メトリック記憶部193、及び最尤復号出力部194から構成されている。

【0064】次に、本実施の形態の作用効果を説明するが、上記第2の実施の形態と同一部分についてはその作用効果は同一であるので説明は省略し、復号部19についてのみ説明する。

【0065】ここでは、図10の(B)の左側の図に示すようなデータを記録し、再生する場合について説明する。この場合、図10の(C)に示すように記録データの「1」、「0」をドットの有無に対応させて記録し、また、その周囲は所定の状態のドット、例えば「0」に対応するドットを記録しておくことにする。以下では、このように記録された記録媒体を近傍の4ドットを畳み込むように干渉を与えて読み取る場合を例に説明していく。

【0066】いま、図10の(B)に示すように、記録データの i 番目の組を符号 S_i 、同様に読取判定部18で判定された多値判定結果の i 番目の組を符号 C_i とする。ここで、符号 S_i は、図10の(D)に示すように定義される。

【0067】そして、多値判定結果、例えば2次符号 C_2 は、近傍の4ドットを畳み込むので、記録データ S_i における左上 3×3 ドットのうち最も左上を除く8ドットの状態而定まるが、2次符号 S_2 以外はすべて「0」に対応するドットが記録されているので、 C_2 は S_2 の状態によってのみ定まる。実際には、各データ読取点において5値判定を行うため、3つのデータ読取点の値で決まる2次符号 C_i は 5^3 通り存在するが、このように元の記録データから考えることにより、出現符号は実際には図10の(E)に示すように 2^3 通りのみになる。これは周囲の固定データ0の畳み込みにより符号が制限

されたためであり、これにより一種の誤り訂正が可能となる。

【0068】メトリック計算部191では、符号 C_i とこのとき取り得るすべての符号 T_i との距離を算出するが、2次符号 C_2 では先述したように T_2 は 2^3 通りとなり、仮にそれ以外の符号が発生した場合、即ち、誤って読み取り判定した場合には、そのずれは距離として加算される。

【0069】このメトリック計算の様子を図11の(A)乃至図11の(D)及び図12を用いて詳しく説明する。

【0070】例えば、図11の(A)に示すように $S_{2,6}$ のようにデータドットが記録されていたとすると、近傍4ドットが畳み込まれた結果は $T_{2,6}$ のようになる。これと実際の読み取り判定結果 C_2 との距離(3つのデータ読取点それぞれで検出される値のずれの総和)を計算すると $d=1$ となり、パターン $S_{2,6}$ に対しては距離 $d=1$ がメトリックとして計算される。これを、2次符号で発生するすべてのパターン $S_{2,j}$ ($j:0 \sim 7$ (8通り))について求め、パス・メトリック記憶部193で記憶しておく。

【0071】次に、これに続くパターンとして3次符号についても同様に距離を求める。例えば、図11の(B)に示すように、上記 $S_{2,6}$ に続いて $S_{3,5}$ のようにドットが記録されていたとすると、畳み込まれた結果は $T_{3,5}$ のようになり、これと実際の読み取り判定結果 C_3 との距離を計算すると $d=3$ となり、 $S_{2,6}$ から $S_{3,5}$ への遷移で、 $1+3=4$ がメトリックとして計算される。これを3次符号で発生するすべてのパターン $S_{3,j}$ ($j:0 \sim 31$ (32通り))について求め、パス・メトリック記憶部193で記憶しておく。この様子の一部を図12に示す。例えば、 $S_{2,5}$ から $S_{3,4}$ への遷移では、 $m=6$ となる。

【0072】こうして、すべてのパスメトリックを計算すると、結果は図11の(C)のようになる。

【0073】ここで、 $S_{3,5}$ への遷移について符号の遷移を横軸にとってパスとそのメトリックを図に表すと、図11の(D)のようになる。この図より、 $S_{3,5}$ で8つのパスが合流しているが、 $S_{1,0}$ から始まり $S_{3,5}$ で合流する、即ち、始点と終点が同じパスの中でメトリックの大きいパス(尤度の小さいパス)は最大尤度のパスである可能性はなく、以降の探索から外すことができる。さらに、 S_1 を予め所定の状態、例えば $S_{1,0}$ に固定しておけば始点が1つになるため、 $S_{3,5}$ を経由するパスで、この時点で最も小さいメトリックを有するパスのみを探索対象として残せば良いようにすることができる。即ち、次に4次符号でメトリックを計算する際には、各3次符号で最小のメトリックを有しているパスについてのみ行えば良く、その他のパスはメトリックの計算対象から外して良い。

【0074】そこで、最尤パス判定部 192 では、各 3 次符号で最小のメトリックを有しているパスを判定し、そのパス、及びメトリックをパス・メトリック記憶部 193 に記憶する。例えば、図 11 の (D) における $S_{3,5}$ への 8 つパスについて、最小のメトリックは $S_{2,7}$ から $S_{3,5}$ へのパスにおける 2 であり、 $S_{2,7} \rightarrow S_{3,5}$ ($m_{3,5}=2$) がパス・メトリック記憶部 193 に記憶される。

【0075】このように、最尤パス判定部 192 では、 i 次符号 $S_{i,j}$ において、その 1 次前の符号 $S_{i-1,k}$ からの最小のメトリックを有するパスを選択し、そのパス ($S_{i-1,k} \rightarrow S_{i,j}$)、及びメトリック ($m_{i,j}$) をパス・メトリック記憶部 193 に記憶していく。なお、同一の最小メトリックが複数パス存在するときには、候補として該当パスをすべて記憶しておく。この様子を図 11 の (C) に網掛けで示す。

【0076】次に、4 次符号への遷移について説明する。図 11 の (E) に示すように、 $S_{3,5}$ から $S_{4,38}$ に遷移するようにデータドットが記録されていたとすると、畳み込まれた結果は $T_{4,38}$ のようになり、これと実際の読み取り判定結果 C_4 との距離を計算すると $d=4$ となり、 $S_{3,5}$ から $S_{4,38}$ への遷移で、 $m_{4,38}=m_{3,5}+4=6$ がメトリックとして計算される。これを 4 次符号で発生するすべてのパターン $S_{4,j}$ ($j:0 \sim 127$ (128 通り)) について求め、それぞれについて最小のメトリックとそのパスをパス・メトリック記憶部 193 に記憶する。

【0077】以下、これを繰り返し行うが、図 13 の (A) のように最終的に $(n+1)$ 次符号では要素がすべて「0」としてあるので、符号は 1 つに収束し、このときに最小のメトリックを有するパスが最も尤度の高い復号結果となる。これを符号の遷移を横軸に取って表すと、図 13 の (B) のようになる。

【0078】このように、最大尤度の符号系列を、トレリスを用いて効率的に探すことから、この方式は最尤復号方式の一つであるビタビ復号方式を 2 次元に拡張した方式と考えることができる。

【0079】なお、図 11 の (C) より 4 次符号のメトリックを計算する際に、すでに $S_{2,3}$ 、 $S_{2,5}$ 、 $S_{2,6}$ 、 $S_{2,7}$ のみが有効なパスとして残されることがわかるが、さらに復号が進むとやがてパスの前方部分が一つに収束してくる。このとき、この部分は最尤パスの一部であり、復号結果として出力しても良い。

【0080】このように、本第 3 の実施の形態には、本発明の効果のほかに、干渉により隣接するデータ間に相関を持たせたデータ系列に対してこの相関関係を利用して最も尤度の高い復号結果を選択することで、復号時の誤りを防止し、信頼性の高い復号結果を得ることが可能となる。また、この最大尤度の符号系列をビタビアルゴリズムにしたがって、トレリスを用いて探すことによ

り、効率的な最尤復号が可能となる。

【0081】さらに、データ固定領域をデータドットの配置領域に隣接して設けることで、再生時に、データ固定領域からの干渉を受けるデータ読取点における状態を制限することができ、再生が容易となる。特に、読取開始点の状態を規定しておくことにより、パスの探索中に尤度の低いパスを切り捨てていくことが容易となり、処理の高速化やメモリの節減に大きな効果が得られる。

【0082】また、本実施の形態の変形例として、フォーマットの異なる場合についても説明する。

【0083】図 13 の (C) は、上述したフォーマットに対して対角方向の幅の増加を制限するようにデータドットを配置したものである。このようなフォーマットにおいて近傍 4 ドットを畳み込む PR 等化による最尤復号を行うと、図 14 の (A) のようなトレリスが描ける。この図 14 の (A) からわかるように、この例では C_3 以降は 5 個のドットの状態が決まる 2^5 通りの符号しか発生しないため、最大パス数は 2^5 に制限され、パス・メトリック記憶部 193 の限られたメモリを有効に利用することができる。

【0084】またさらに、符号 S_i から S_{i+1} に遷移する際に遷移規約を設けることにより、誤り訂正能力を付加することもできる。例えば、奇数番から奇数番、偶数番から偶数番への遷移を禁止すると、図 14 の (B) に示すように選択可能なパスが半分になり、冗長度は増えるが誤り訂正能力が高まり、メモリの節減も可能となる。

【0085】また、ここまでの例では主にデータドットが正方罫目に配列されたフォーマットについて説明してきたが、その他のフォーマットについても同様に適用できることは勿論である。

【0086】例えば、図 14 の (C) に示すようにデータドットが三角形に配列されたフォーマットであれば、近傍の 3 ドットを畳み込むように干渉を与える PR 等化が有効であり、図 8 の (B) のようにデータ読取点を設定して 4 値判定によりデータを読み取る。この読み取り結果を元にトレリスを描くと図 14 の (D) のようになり、この中で最も尤度の高いパスを先述の例と同様に求めれば良い。

【0087】以上実施の形態に基づいて本発明を説明したが、本発明は上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形や応用が可能である。ここで、本発明の要旨をまとめると以下のようになる。

【0088】(1) データを構成する「1」及び「0」を所定の反射特性を有する微細なドットの有無に対応させ、記録すべきデータに応じて上記ドットを所定のフォーマットに従って 2 次元に配置することにより当該データを光学的に読み取り可能なイメージとして記録媒体に記録するデータの記録方法において、上記ドット

は、上記記録されたデータが当該隣接するドットからの 2 次元の干渉を利用して再生されるように光学的に読み取り可能に記録されることを特徴とするデータ記録方法。

【0089】即ち、この(1)に記載の態様によれば、再生時に、隣接するドットからの 2 次元の干渉を積極的に利用することで、各ドットからの干渉を除去することを前提にした従来の記録方法に比べて高密度にデータを記録することが可能となる。

【0090】(2) 上記ドットは、記録すべきデータに応じて、上記記録媒体上においてマトリクス状に仮想的に形成された正方樹目内に各配置されると共に当該各樹目の中心位置を記録点とするものであり、隣接する $n \times n$ 個の上記正方樹目内に配置された各ドットからの干渉を利用して上記データが再生されるように記録されることを特徴とする(1)に記載のデータ記録方法。

【0091】即ち、この(2)に記載の態様によれば、再生時に干渉を与えるドットの数を適切に制限し、また、干渉を与える範囲をドットの配置にあわせることで、容易且つ確実に再生されるようにデータを記録することが可能となる。

【0092】(3) 上記ドットは、隣接する 2×2 個の上記正方樹目内に配置された各ドットからの干渉を利用して上記データが再生されるように記録されることを特徴とする(2)に記載のデータ記録方法。

【0093】即ち、この(3)に記載の態様によれば、再生時にデータ読取点を該読取点に干渉を与える 4 つのドットの中央に配置することで各ドットからの干渉量を等しくすることができ、容易且つ確実に再生されるようにデータを記録することが可能となる。

【0094】(4) 上記記録されたデータが上記隣接するドットからの 2 次元の干渉を利用して再生される際の 2 次元方向の誤り伝搬を防止するために、上記記録すべきデータに対して、上記ドットの配置の仕方に対応した 2 次元のプリコード処理を行うことを特徴とする

(1)に記載のデータ記録方法。

【0095】即ち、この(4)に記載の態様によれば、再生時に隣接する読取点の再生結果の干渉を受けることなく、即ち、再生誤りが発生してもそれを伝播させることなく、容易且つ確実に再生されるようにデータを記録することが可能となる。

【0096】(5) 上記ドットは、記録すべきデータに応じて、上記記録媒体上においてマトリクス状に仮想的に形成された正方樹目内に各配置されると共に当該各樹目の中心位置を記録点とするものであり、隣接する 2×2 個の上記正方樹目内に配置された各ドットからの干渉を利用して上記データが再生されるように記録されているとき、上記 2 次元のプリコード処理は、上記記録すべきデータのデータを a_{ij} 、そのプリコード処理後のデータを b_{ij} とするとき、

【0097】

【数 4】

$$b_{ij} = a_{ij} \oplus b_{(i-1)(j-1)} \oplus b_{(i-1)j} \oplus b_{i(j-1)}$$

(\oplus : 排他的論理和)

【0098】に従う処理であることを特徴とする(4)に記載のデータ記録方法。

【0099】即ち、この(5)に記載の態様によれば、上式のような簡単な演算により、再生時に隣接する読取点の再生結果の干渉を受けることなく、容易且つ確実に再生されるようにデータを記録することが可能となる。

【0100】(6) データを構成する「1」及び

「0」を所定の反射特性を有する微細なドットの有無に対応させ、記録すべきデータに応じて上記ドットを所定のフォーマットに従って 2 次元に配置することにより当該データを光学的に読み取り可能なイメージとして記録した記録媒体から、上記ドットを光学的に読み取って上記データを再生するデータの再生方法において、2 次元に隣接して配置された上記ドットからの 2 次元の干渉を利用して上記データを再生することを特徴とするデータ再生方法。

【0101】即ち、この(6)に記載の態様によれば、隣接するドットからの 2 次元の干渉を積極的に利用することで、各ドットからの干渉を除去することを前提にした従来の再生方法に比べて高密度に記録されたデータを再生することが可能となる。

【0102】(7) 上記ドットの記録点と所定の位置関係を有するように上記データの読取点を設定し、前期読取点に対して、隣接するドットから所定量の干渉を与えるために、2 次元の PR 等化をさらに行うことを特徴とする(6)に記載のデータ再生方法。

【0103】即ち、この(7)に記載の態様によれば、読取点において干渉を与えるドットの数、及びその干渉量を適切に設定することで、容易且つ確実に再生することが可能となる。

【0104】(8) 上記 2 次元の PR 等化は、電気的に行われるフィルタ処理であることを特徴とする(7)に記載のデータ再生方法。

【0105】即ち、この(8)に記載の態様によれば、撮像部以後の電気系のフィルタ処理により PR 等化を行うことで、フィルタの設計が容易になる。

【0106】(9) 上記 2 次元の PR 等化は、光学的に行われるフィルタ処理であることを特徴とする(7)に記載のデータ再生方法。

【0107】即ち、(9)に記載の態様によれば、撮像部以前の光学系のフィルタ処理により PR 等化を行うことで、電気系での処理を容易にして高速化が可能となる。

【0108】(10) 上記ドットは、記録すべきデータに応じて、上記記録媒体上においてマトリクス状に仮

想的に形成された正方柵目内に各配置されると共に当該各柵目の中心位置を記録点とするものであり、上記データは、隣接する $n \times n$ 個の上記正方柵目内に配置された各ドットからの干渉を利用して再生されることを特徴とする (6) に記載のデータ再生方法。

【0109】即ち、この (10) に記載の態様によれば、読取点に干渉を与えるドットの数を適切に制限し、また、干渉を与える範囲をドットの配置にあわせることで、容易且つ確実に再生することが可能となる。

【0110】(11) 上記データは、隣接する 2×2 個の上記正方柵目内に配置された各ドットからの干渉を利用して再生されることを特徴とする (10) に記載のデータ再生方法。

【0111】即ち、この (11) に記載の態様によれば、データ読取点を該読取点に干渉を与える 4 つのドットの中央に配置することで各ドットからの干渉量を等しくすることができ、容易且つ確実に再生することが可能となる。

【0112】(12) 上記データが再生される際の 2 次元方向の誤り伝搬を防止するために、上記記録すべきデータに対して上記ドットの配置の仕方に対応した 2 次元のプリコード処理が行われているとき、上記再生されたデータに対して、さらに、上記 2 次元のプリコード処理に対応した復調処理を行うことを特徴とする (6) に記載のデータ再生方法。

【0113】即ち、この (12) に記載の態様によれば、隣接する読取点の再生結果の干渉を受けることなく、即ち、再生誤りが発生してもそれを伝播させることなく、容易且つ確実に再生することが可能となる。

【0114】また、隣接する読取点の再生結果の干渉を受けないため、読み取りと同時に逐次再生することが可能となる。

【0115】(13) 上記データは、2 次元の最尤復号方式を用いて再生されることを特徴とする (6) に記載のデータ再生方法。

【0116】即ち、この (13) に記載の態様によれば、干渉により隣接するデータ間に相関を持たせたデータ系列に対してこの相関関係を利用して復号することで、復号時の誤りを防止し、信頼性の高い復号結果を得ることが可能となる。

【0117】(14) 上記 2 次元の最尤復号方式は 2 次元のビタビ復号方式であることを特徴とする (13) に記載のデータ再生方法。

【0118】即ち、この (14) に記載の態様によれば、復号時に最大尤度の符号系列をビタビアルゴリズムにしたがって、トレリスを用いて効率的に探すことが可能となる。

【0119】(15) データを構成する「1」及び「0」を所定の反射特性を有する微細なドットの有無に対応させ、記録すべきデータに応じて上記ドットを所定

のフォーマットに従って 2 次元に配置することにより当該データを光学的に読み取り可能なイメージとして記録したデータ記録媒体において、上記ドットは、上記記録されたデータが当該隣接するドットからの 2 次元の干渉を利用して再生されるように光学的に読み取り可能に記録されていることを特徴とするデータ記録媒体。

【0120】即ち、この (15) に記載の態様によれば、再生時に、隣接するドットからの 2 次元の干渉を積極的に利用することで、各ドットからの干渉を除去することを前提にした従来の記録方法に比べて高密度のデータを記録しておくことが可能となる。

【0121】(16) 上記記録すべきデータに関わりなくデータの値が固定されたデータ固定領域を上記ドットの配置領域に隣接して設けたことを特徴とする (15) に記載のデータ記録媒体。

【0122】即ち、この (16) に記載の態様によれば、再生時に、データ固定領域からの干渉を受ける読取点における状態を制限することができ、容易且つ確実に再生されるようにデータを記録しておくことが可能となる。

【0123】なお、上記した各態様は、本発明においては可能な限り組み合わせることができる。

【0124】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、高密度に光学的に読み取り可能に 2 次元に配列記録された微細なドットについて、特に読取装置側の読取解像度を上げることなく読み取って、ドットとして記録されたデータを正確に再生できるようにしたデータ記録方法及びデータ再生方法、並びにデータ記録媒体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】(A) は本発明の第 1 の実施の形態に係るデータ記録方法及びデータ再生方法並びにデータ記録媒体の適用されたシステムのブロック構成図であり、(B) は (A) 中の復号部における復号規則を示す図である。

【図 2】入力データ系列の一例としての 2 次元ドット系列の例を示す図である。

【図 3】(A) は図 1 の (A) 中のプリコード処理部に入力されるデータ系列における着目ドットを示す図であり、(B) はプリコード後の着目ドットの周辺 3 ドットを説明するための図である。

【図 4】図 1 の (A) 中の読取判定部での読み取り値の系列と記録ドットとの関係を示す図である。

【図 5】図 1 の (A) 中の復号部での復号結果としてのデータ系列と記録ドットとの関係を示す図である。

【図 6】(A) は本発明の第 1 の実施の形態に係るデータ記録方法及びデータ再生方法並びにデータ記録媒体の適用されたシステムのブロック構成図、(B) はドットコードのブロックを示す図、(C) は (A) 中の読取点算出部の構成を示すブロック図であり、(D) は PR 等

化に用いるフィルタの特性を説明するための図である。

【図 7】(A) は図 6 の (C) 中の読取点決定部において算出されるデータ読取点を説明するための図であり、

(B) は図 6 の (A) 中の P R 等化部の動作を説明するための図である。

【図 8】(A) 乃至 (C) はそれぞれドットコードのフォーマットや P R 等化特性の異なる例を示す図、(D) は記録ドット画像を示す図、(E) は (D) の記録ドット画像が記録/再生系の主に光学的なボケによる低域通過特性によって干渉して撮像された様子を示す図であり、(F) は第 2 の実施の形態の動作を説明するための元 2 値データ、プリコードデータ、多値判定結果、及び復号結果のデータ系列の例を示す図である。

【図 9】(A) 乃至 (D) はそれぞれ従来の問題点を説明するためのドットコードと撮像領域及び蛇行許容幅の関係を示す図であり、(E) は本発明を適用した場合におけるドットコードと撮像領域及び蛇行許容幅の関係を示す図である。

【図 10】(A) は本発明の第 3 の実施の形態における復号部の構成を示すブロック図、(B) は記録データと多値判定結果のデータ系列の例を示す図、(C) は

(B) 中の記録データのデータ系列に対応する記録ドットを示す図、(D) は記録符号の定義を示す図であり、(E) は 2 次符号の出現する組み合わせを示す図である。

【図 11】(A) は 2 次符号 $S_{2,6}$ に対するメトリックを説明するための図、(B) は $S_{2,6}$ から $S_{3,5}$ への遷移におけるメトリックを説明するための図、

(C) は 3 次符号に対するすべてのパスメトリックを計算した結果としてパス・メトリック記憶部に記憶されたメトリックを示す図、(D) は 3 次符号 $S_{3,5}$ への遷移について符号の遷移を横軸にとってパスとそのメトリックを表す図であり、(E) は $S_{3,5}$ から $S_{4,38}$ への遷移におけるメトリックを説明するための図である。

【図 12】3 次符号に対するメトリックの幾つかを示す図である。

【図 13】(A) は最終的な $(n+1)$ 次符号での収束を説明するための図、(B) は最大尤度の符号系列を説明するための図であり、(C) は第 3 の実施の形態の変形例としてフォーマットの異なるドットコードを示す図

である。

【図 14】(A) は図 13 の (C) の場合の最尤復号で描かれるトレリスを示す図、(B) は符号 S_i から S_{i+1} に遷移する際に奇数番から奇数番及び偶数番から偶数番への遷移を禁止した場合の選択可能なパスを説明するための図、(C) はデータドットが三角形に配列されたフォーマットのドットコードを示す図であり、

(D) は 4 値判定によりデータを読み取った結果を元に描いたトレリスを示す図である。

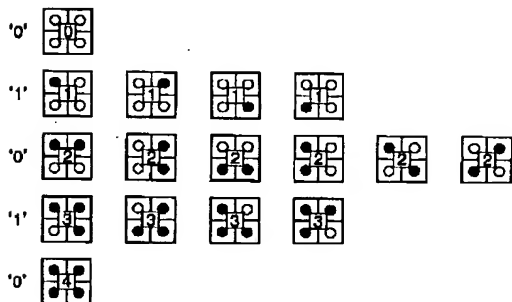
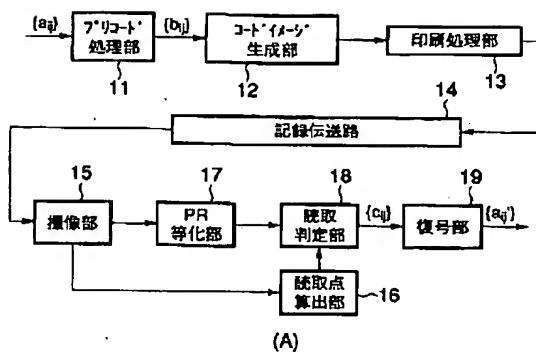
【図 15】1 次元的にパーシャルレスポンスを適用した場合におけるデータの符号化及び記録再生方法の原理を説明するためのブロック構成図と定義式及び原理演算式とを示す図である。

【図 16】(A) は図 15 のデータの符号化及び記録再生方法における実際のデータの状態例を示す図、(B) は従来のドットコードを構成するドットの大きさを示す図であり、(C) は従来のドットコードのフォーマットの具体例を示す図である。

【符号の説明】

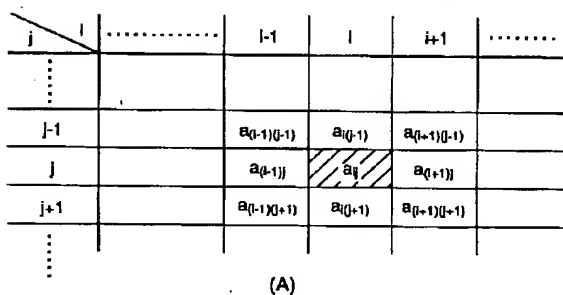
1	データドット
2	マーカ
3	ブロックアドレスパターン
4	撮像領域
11	プリコード処理部
12	コードイメージ生成部
13	印刷処理部
14	記録伝送路
15	撮像部
16	読取点算出部
161	2 値化部
162	マーカ検出部
163	基準点算出部
164	読取点決定部
17	P R 等化部
18	読取判定部
19	復号部
191	メトリック計算部
192	最尤パス判定部
193	パス・メトリック記憶部
20	再生部
21	基準点

【図 1】

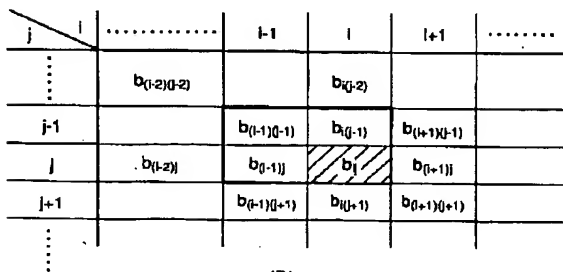


(B)

【図 3】

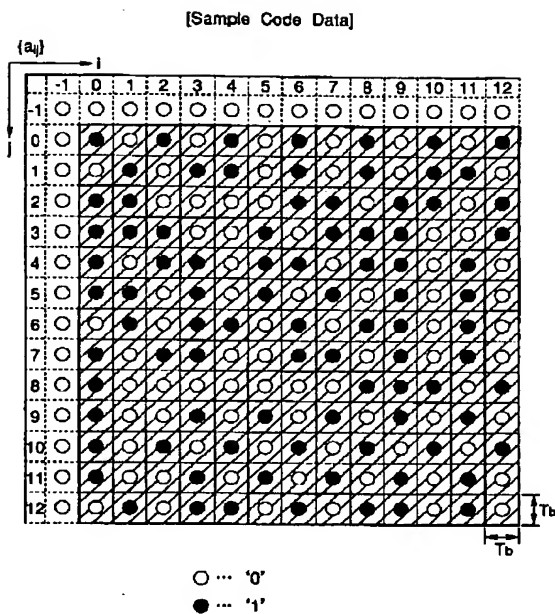


(A)



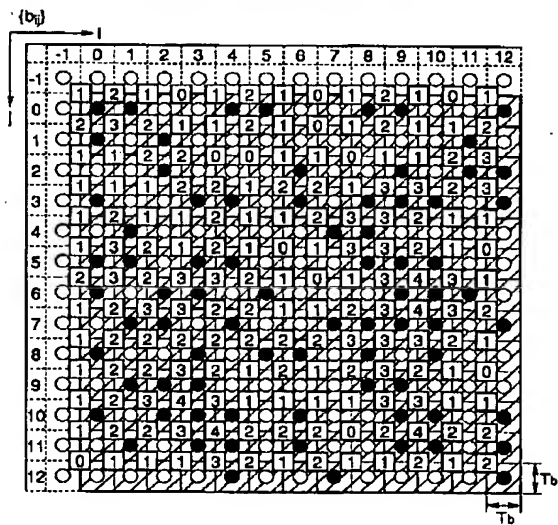
(B)

【図 2】

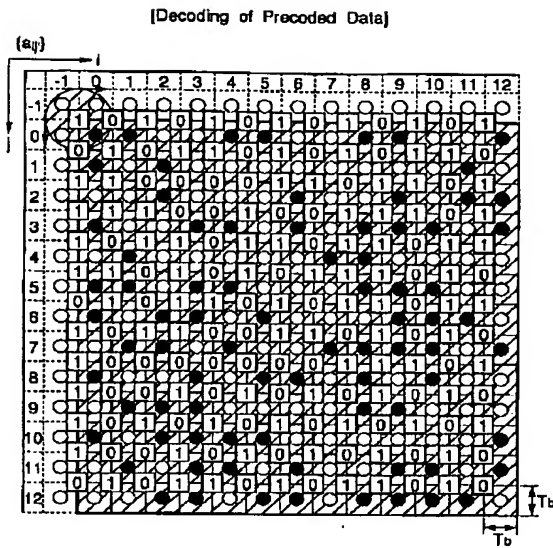


【図 4】

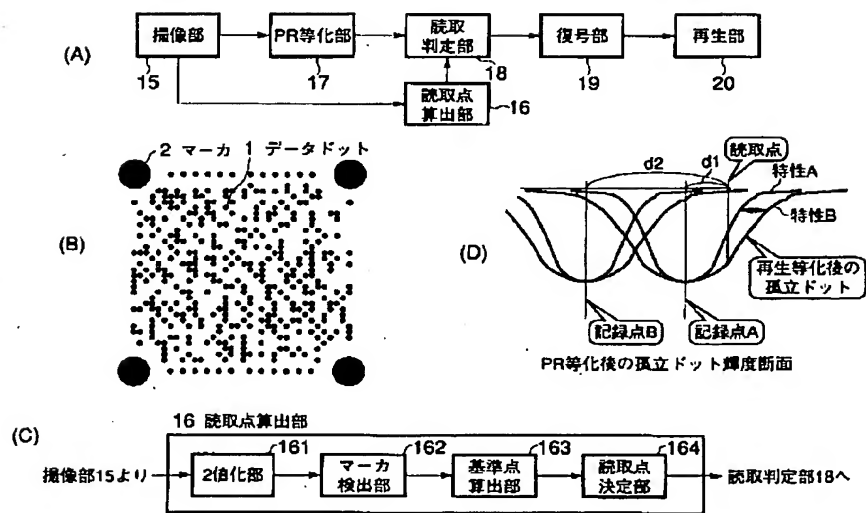
【Precoding of Sample Code Data】



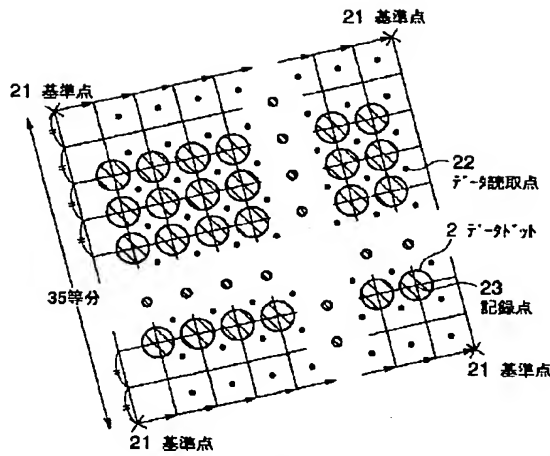
【図5】



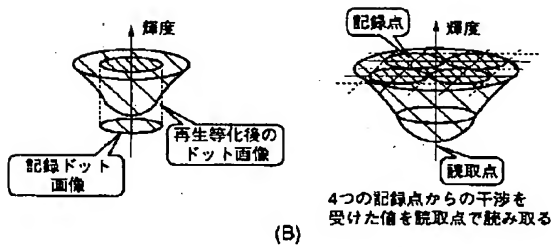
【図6】



【図 7】

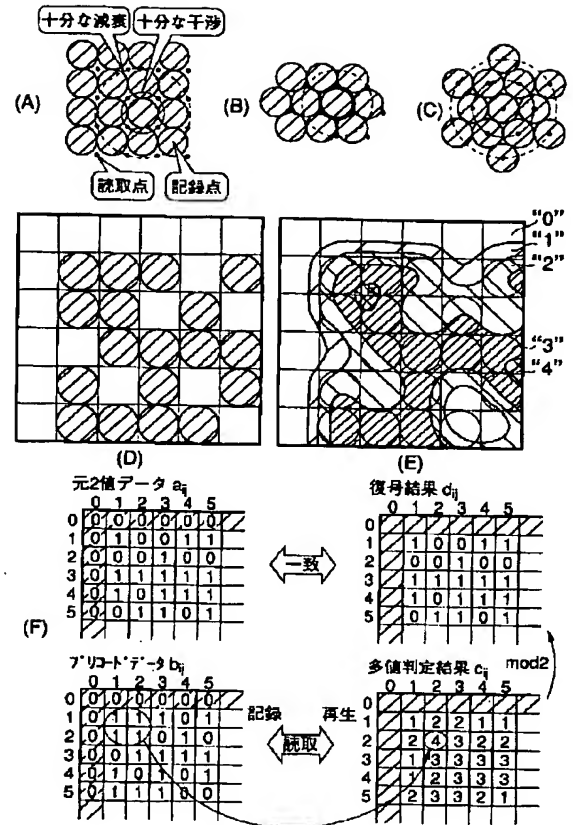


(A)

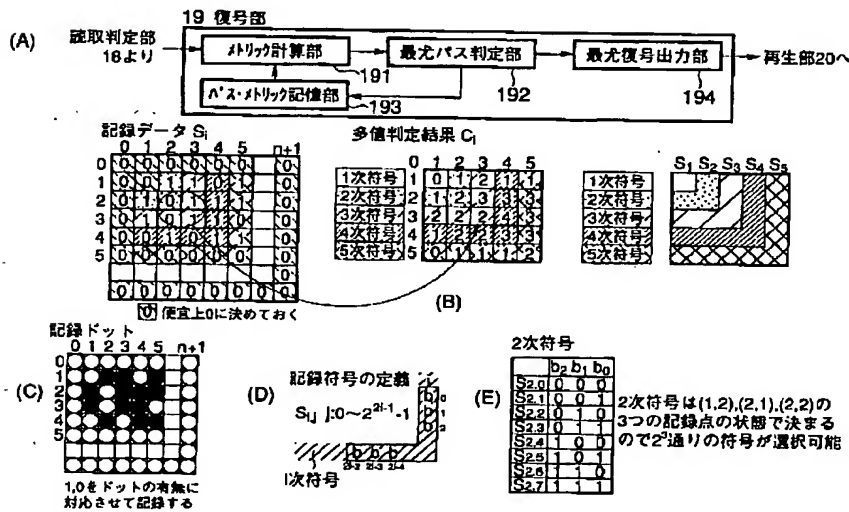


(B)

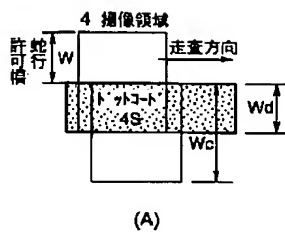
【図 8】



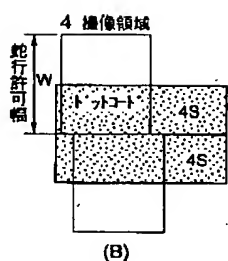
【図 10】



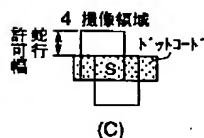
【図 9】



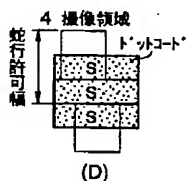
(A)



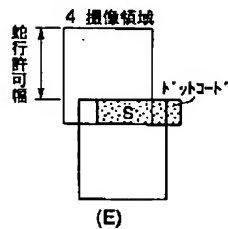
(B)



(C)



(D)

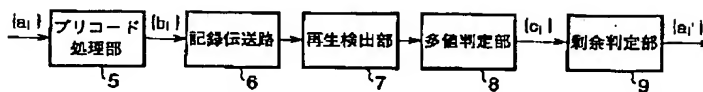


(E)

【図 15】

〈定義式〉

入力データ $\{a_i \mid a_i \in \{0,1\} \mid i=0,1,2,3\}$
 プリコード後データ $\{b_i \mid b_i \in \{0,1\} \mid i=0,1,2,3\}$
 記録符号の検出値 $\{c_i \mid c_i \in \{0,1,2\} \mid i=0,1,2,3\}$
 検出値の判定後データ $\{a'_i \mid a'_i \in \{0,1\} \mid i=0,1,2,3\}$



〈原理演算式〉

$$b_i = a_i \oplus b_{i-1} \quad \dots (1)$$

$$c_i = b_i + b_{i-1} \quad \dots (2)$$

$$a'_i = \{c_i\} \bmod 2 \quad \dots (3)$$

$$= b_i \oplus b_{i-1} \quad \dots (4)$$

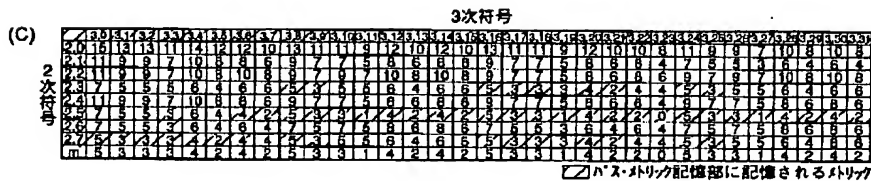
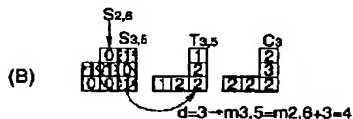
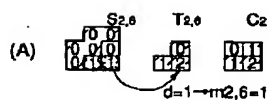
$$= [a_i \oplus b_{i-1}] + b_{i-1} \quad \dots (5)$$

$$= a_i \oplus [b_{i-1} + b_{i-1}] \quad \dots (6)$$

$$= a_i \quad \dots (7)$$

⊕ 排他的論理和(mod2剰余演算)、mod2は法2の剰余演算を示す

【図 11】

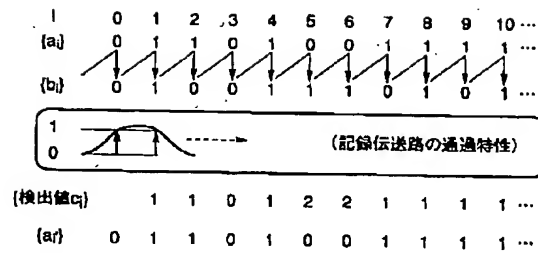


3次符号

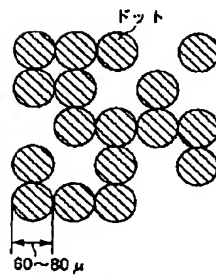
2次位	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	

ハッシュマトリクス記憶部に記憶されるストリッ

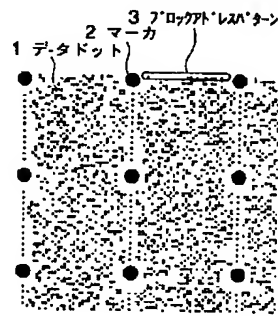
【図16】



(A)



(B)



(C)

フロントページの続き

Fターム(参考) 5B035 AA01 AA03 BB08 BC00
 5B072 AA02 CC21 DD02 DD22 FF02
 LL19
 5D044 BC10 FG01 GL31 GL32